

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 60-033289

(43)Date of publication of application : 20.02.1985

(51)Int.Cl. C30B 15/00  
C30B 29/06

(21)Application number : 58-138968

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 29.07.1983

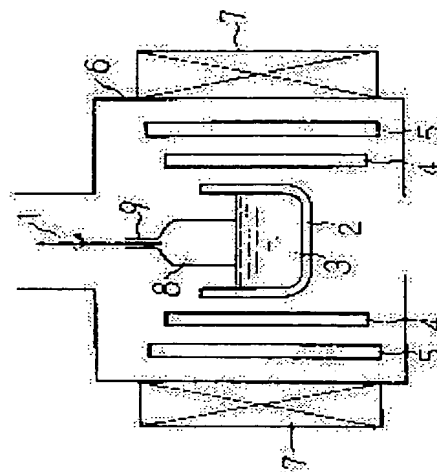
(72)Inventor : USAMI TOSHIRO

## (54) PREPARATION OF SINGLE CRYSTAL OF SILICON

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To prepare the titled single crystal having high oxygen concn. and small fluctuation of distribution of oxygen concn. by specifying the strength of magnetic field, rotational speed and direction of crucible and single crystal of silicon.

**CONSTITUTION:** Molten silicon 3 contained in a crucible 2 which is rotatable freely around an axis of rotation 1 is heated by a heater 4 and a reflection plate 5 in a chamber 6, and  $\geq 200$  gauss magnetic field parallel to the direction of gravity is impressed to the molten silicon 3 by a magnet 7 provided to the outside of the chamber 6. Then, the crucible 2 is rotated at  $\geq 2$ rpm, and a seed crystal 9 is rotated in the same direction as the crucible 2 with  $\leq 5$ rpm as difference between the rotational speed of the seed crystal 9 and that of the crucible 2. During this operation, the single crystal 8 of silicon is pulled up. By this method, a single crystal of silicon having  $\geq 1.5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  oxygen concn. is obtd.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭60-33289

⑬ Int. Cl.<sup>4</sup>C 30 B 15/00  
29/06

識別記号

庁内整理番号

6542-4G  
6542-4G

⑭ 公開 昭和60年(1985)2月20日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全4頁)

⑮ 発明の名称 シリコン単結晶の製造方法

⑯ 特 願 昭58-138968

⑰ 出 願 昭58(1983)7月29日

⑱ 発 明 者 宇 佐 美 俊 郎 川崎市幸区堀川町72番地 東京芝浦電気株式会社堀川町工場内

⑲ 出 願 人 株 式 会 社 東 芝 川崎市幸区堀川町72番地

⑳ 代 理 人 弁 理 士 猪 股 清 外3名

## 明 細 書

1. 発明の名称 シリコン単結晶の製造方法

## 2. 特許請求の範囲

ルツボ内の溶融シリコンから種結晶を用いてシリコン単結晶を引き上げ製造するシリコン単結晶の製造方法において、

溶融シリコンに200 Gauss以上の磁場を印加し、前記ルツボを2 rpm以上で回転させると共に前記シリコン単結晶をこのルツボと同一方向に回転させ、このルツボとシリコン単結晶の回転数の差を5 rpm以下としたことを特徴とするシリコン単結晶の製造方法。

## 3. 発明の詳細な説明

〔発明の技術分野〕

本発明は02法によるシリコン単結晶の製造方法に関するもので、特に酸素濃度が $1.5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上のシリコン単結晶を製造するのに使用される

ものである。

〔発明の技術的背景〕

近年、シリコン単結晶を用いた素子(例えばLSIなど)の微細化に伴い、結晶内の酸素濃度の分布の制御に關して様々な要求がなされている。特に重要なことは、第1に結晶内の酸素濃度の微小変動を抑制することであり、第2に結晶内の酸素濃度を高く( $1.5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度で)安定させることである。

上記の第1のことが要求される理由は下記の通りである。すなわち、シリコン単結晶中の酸素は450℃程度の熱処理によつて電気的に活性となるが、結晶中の酸素濃度に微小変動がある場合には、その結晶を用いた素子の電気的特性は酸素の分布を反映して結晶中の位置により異なる。そのため、集積回路の歩留りの低下をもたらす。

この微小変動の周期は数 $\mu\text{m}$ から数 $\text{mm}$ におよび、様々な原因が考えられるが、とりわけ大きいのはシリコン融液中の対流モードのゆらぎによるものである。そこで、従来から対流モードの変動を抑

制する目的で、結晶育成中のシリコン融液に磁場を印加して磁気粘性を高め、酸素分布の不均一性を抑制している(T. Suzuki, "G 2 Silicon Crystals Grown in a Transverse Magnetic Field" E O S Abstract P90~99(1980))。

他方、前記の第2のことが要求される。理由は下記の通りである。すなわち、能動領域以外の部分においては、少数担体(キャリア)の寿命が長いと、 $\alpha$ 線や光などによつて励起された少数担体が非能動領域を拡散などによつて伝導し、他の能動領域に注入されて誤動作を引き起こす。そこで、少数担体の寿命を短くするために、素子製造工程中に過飽和酸素を析出すると良いことが報告されている(大塚他「日経エレクトロニクス」1981年8月31日号、P188~184)。

ところが、過飽和酸素を析出するためには、酸素濃度を素子製造工程の温度の飽和限に対して充分高い値とする必要がある。そのため、従来は、シリコン単結晶の引き上げにおいて結晶とルツボが互いに逆方向に回転させ、かつ10 rpm以上の速

さで結晶を回転させることにより、強い巻き上げ流を作つて高酸素濃度を達成していた。

#### 〔背景技術の問題点〕

しかし、従来技術によつて前記2つの要求を同時に満足させることは困難である。なぜならば、磁場を印加して磁気粘性を高めると、対流が抑制されて石英ルツボ近傍の酸素濃度が局部的に高まり、酸素溶出量は減少する。他方、粘性を高めた状態で結晶の回転数を上げると、結晶と融液との間でいわゆるステッキング現象が発生し、結晶の回転が不安定になつて酸素濃度の微小変動が増大するからである。

そのため、従来は10 rpm以下の回転数としていたため、 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下の酸素濃度の安定した結晶を得ることができなかった。

#### 〔発明の目的〕

本発明は上記の従来技術の欠点を解決するためになされたもので、シリコン単結晶中の酸素濃度が $1.5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上で、しかも酸素濃度分布に微小変動の小さい単結晶を製造するシリコン単

結晶の製造方法を提供することを目的とする。

#### 〔発明の概要〕

上記の目的を実現するため本発明は、ルツボ内の溶融シリコンから種結晶を用いてシリコン単結晶を引き上げ製造するにあつて、溶融シリコンに200 Gauss以上の磁場を印加し、ルツボを2 rpm以上で回転させると共に、シリコン単結晶をルツボと同一方向に回転させ、このルツボとシリコン単結晶の回転数の差を5 rpm以下としたことを特徴とするシリコン単結晶の製造方法を提供するものである。

#### 〔発明の実施例〕

以下、添付図面を参照して本発明をより詳細に説明する。

第1図は本発明(一実施例)に係る製造方法を実現するためのシリコン単結晶の製造装置の構成図である。回転軸1を中心に回転自在な石英製のルツボ2には溶融シリコン3が入れられ、その外側にはこれらを加熱するためのヒータ4および反射板5が設けられている。そしてこれらはチャン

パ8の中に収容され、チャンパ8の外側には磁場を印加するための磁石7が設けられている。単結晶8の引き上げは、回転軸1を中心に回転自在な種結晶9を用いて行なう。

なお、磁界の方法は重力方向に対して平行(この方向が対流の抑制に効果的)であり、その強さの分布は回転軸1に対して非対称でもよい。また、ルツボ2および種結晶9には、これらを回転軸1を中心に回転させるための図示しない駆動装置が設けられている。

次に、第2図および第8図を参照して本発明によるシリコン単結晶の製造条件を説明する。なお、第2図および第8図は実験の結果を示すグラフである。

本発明の目的を達成するためには、溶融シリコン8に対して200 Gauss以上の磁場を加える必要があることが、下記の実験1によつて確認された。

#### 〔実験1〕

溶融シリコン8の磁場による対流抑制効果は、溶融シリコン3の表面の中心部と周辺部との温度

差により定量化される。なぜなら、対流があると温度差が小さくなり、対流が抑制されると温度差が大きくなるからである。そこで、融液表面の温度差の印加磁場の強さに対する依存性を調べると、第2図に示すようなデータが得られた。これから明らかなように、200 Gauss附近において温度差は急激に上昇し、磁場によつて対流の抑制されることが確認された。

ルツボ2と単結晶8および種結晶9の回転方向が同一方向でなければならないことは、下記の実験2、8、4によつて確認された。

#### (実験2)

ルツボ2、単結晶8を共に10 rpm以下の低速で逆方向に回転させると、酸素濃度の微小変動は小さいが濃度そのものは低い。例えば、ルツボ2、単結晶8を共に5 rpmで逆方向に回転させ、800 Gaussの磁場を印加して単結晶8を引き上げると、酸素濃度の分布は第3図の曲線101のようになり、 $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-8}$ 程度以下の酸素濃度しか得られない。(実験8)

#### (実験6)

ルツボ2を2 rpm以下で回転させると共に結晶8を同一方向に回転させ、回転数の差を5 rpm以下とすると、酸素濃度分布は第2図の曲線108のようになる。これから明らかなとおり、酸素濃度の微小変動は小さく抑えることができるが、酸素濃度は $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-8}$ 程度以下にすぎず、高酸素濃度を得ることができない。

#### (実験7)

ルツボ2を2 rpm以上で回転させると共に結晶8を同一方向に回転させ、回転数の差を5 rpm以下とすると、酸素濃度分布は第2図の曲線104のようになる。これから明らかな通り、酸素濃度の微小変動を小さく抑えることができ、かつ $1.5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-8}$ 以上の高酸素濃度を安定して得ることができる。

なお、印加する磁場の方向を重力の方向に対して平行にしてもよい。

#### (発明の効果)

上記の如く本発明によれば、ルツボ内の溶融シ

単結晶8を10 rpm以上の高速で逆方向に回転させ、ルツボ2を逆方向に回転させると、酸素濃度の分布は第3図の曲線102のようになる。このように、一部では $2.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-8}$ 程度の高酸素濃度を得ることができるが、濃度の微小変動が大きい。(実験4)

ルツボ2を10 rpm以上の高速で回転させ、結晶8を逆方向に回転させると、結晶育成時の融液表面が非常に不安定になり、無転位の単結晶を得る歩留りが低下する。また、酸素濃度の微小変動も大きくなる。

ルツボ2の回転は2 rpm以上とし、ルツボ2と単結晶8の回転数の差は5 rpm以下としなければならないことは、下記の実験5、6、7によつて確認された。但し、印加磁場は200 Gauss以上である。

#### (実験5)

ルツボ2と単結晶8の回転数の差を5 rpm以上にして互いに同一方向に回転させると、酸素濃度の微小変動が大きくなる。

リコンから種結晶を用いてシリコン単結晶を引き上げ製造するにあつて、印加する磁場の強さとルツボおよび結晶の回転速度および回転方向を適切に選択するようにするので、シリコン単結晶中の酸素濃度が $1.5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-8}$ 以上でしかも微小変動の小さい単結晶を製造するシリコン単結晶の製造方法を提供することができる。

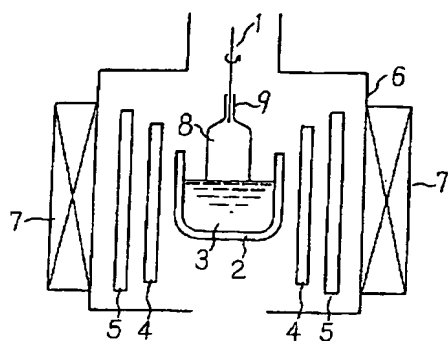
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例を実現するための装置の構成図、第2図および第3図は本発明に係る製造方法の製造条件を説明するグラフである。

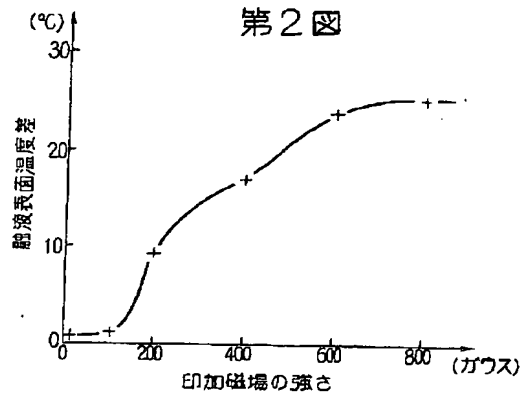
2…ルツボ、8…溶融シリコン、4…ヒータ、5…反射板、6…チャンバ、7…磁石、8…単結晶、9…種結晶。

出願人代理人 猪 股 清

第1図



第2図



第3図

